

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-141524  
 (43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 2000-333713

(71)Applicant : NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL & TECHNOLOGY  
 SHARP CORP  
 MATSUDA AKIHISA  
 KONDO MICHIO

(22)Date of filing : 31.10.2000

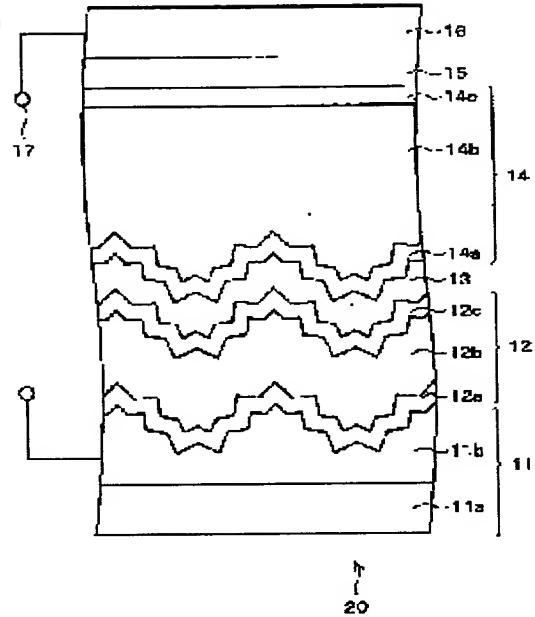
(72)Inventor : WADA KENJI  
 NASUNO YOSHIYUKI  
 KONDO MICHIO  
 MATSUDA AKIHISA

## (54) MULTI-BONDED THIN FILM SOLAR CELL

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a multi-bonded thin film solar cell which is high in the optical confinement effect and has a stable photoelectric conversion efficiency.

**SOLUTION:** A multi-bonded thin film solar cell 20 is constituted by laminating a glass substrate 11a, a roughened surface layer 11b, an amorphous silicon photoelectric conversion layer 12, an intermediate layer 13, a crystalline silicon photoelectric conversion layer 14, a rear reflective layer 15, and a rear electrode 16 in this order. A square mean value to show the roughened heights of the surface of the layer 13 is set in the range of 25 to 600 nm. At the time when the angle of inclination of the roughened surface of the layer 13 to the mean oval of the roughness of the surface of the layer 13 is assumed to be  $\Theta$  the value of  $\tan\Theta$  is set in the range of 0.07 to 0.20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.05.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-141524  
(P2002-141524A)

(43) 公開日 平成14年5月17日 (2002.5.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 L 31/04

識別記号

F I  
H 0 1 L 31/04

テ-マコ-ド(参考)  
Y 5 F 0 5 1

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2000-333713(P2000-333713)

(71) 出願人 301021533

独立行政法人産業技術総合研究所  
東京都千代田区霞が関 1-3-1

(22) 出願日 平成12年10月31日 (2000.10.31)

(74) 上記 1 名の復代理人 100080034

弁理士 原 謙三

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特  
許出願 (平成12年度、通商産業省、NEDO委託研究  
(薄膜太陽電池の製造技術開発)、産業再生法第30条の  
適用を受けるもの)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(71) 出願人 500132638

松田 彰久

茨城県つくば市梅園1丁目1番1中央第2  
独立行政法人産業技術総合研究所内

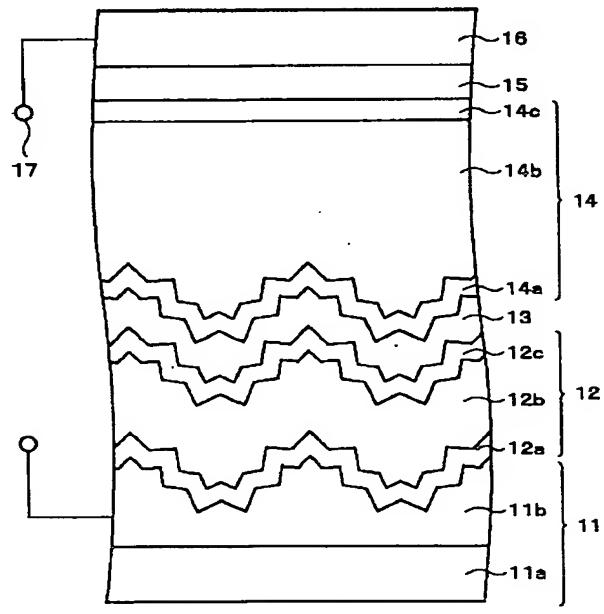
最終頁に統く

(54) 【発明の名称】 多接合型薄膜太陽電池

(57) 【要約】

【課題】 光閉込効果の高い、安定した光電変換効率を  
有する多接合型薄膜太陽電池を提供する。

【解決手段】 多接合型薄膜太陽電池20は、ガラス基  
板11a、凹凸表面層11b、非晶質シリコン光電変換  
層12、中間層13、結晶質シリコン光電変換層14、  
裏面反射層15、裏面電極16が、この順番で積層され  
て構成されている。中間層13の表面の凹凸の高さを示  
す二乗平均値は、25~600 nmの範囲に設定されて  
おり、かつ中間層13表面の凹凸の平均線に対する凹  
凸表面の傾斜角をθとしたときの  $\tan \theta$  が0.07~  
0.20の範囲に設定されている。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも1つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、

上記中間層の凹凸の高さは、その二乗平均値が、2.5～6.00nmの範囲に設定されており、かつ中間層表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角をθとしたときの $\tan \theta$ が0.07～0.20の範囲に設定されている多接合型薄膜太陽電池。

【請求項2】上記基板において、光が入射される側とは反対側の面が凹凸化されていることを特徴とする請求項1記載の多接合型薄膜太陽電池。

【請求項3】上記凹凸は、透明導電性の材料からなるものであることを特徴とする請求項1または2に記載の多接合型薄膜太陽電池。

【請求項4】上記透明導電性の材料からなるものは、主として酸化亜鉛からなることを特徴とする請求項3記載の多接合型薄膜太陽電池。

【請求項5】上記凹凸は、上記透明導電性の材料からなるものに対して、エッチングが行われることにより形成されることを特徴とする請求項3または4に記載の多接合型薄膜太陽電池。

【請求項6】基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも1つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、

上記凹凸の一部である穴は、直径が2.00～2.000nmの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有していることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池。

【請求項7】上記穴は、直径が4.00～12.00nmの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有していることを特徴とする請求項6記載の多接合型薄膜太陽電池。

【請求項8】上記中間層の表面に、少なくとも1つの光電変換素子における活性層は、結晶質シリコンまたはシリコン合金からなることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の多接合型薄膜太陽電池。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】石油等の化石燃料は、将来の需給が懸念され、かつ地球温暖化現象の原因となる二酸化炭素排出の問題を有している。近年、この石油等の化石燃料の代替エネルギー源として太陽電池が注目されている。

【0003】この太陽電池は光エネルギーを電力に変換する光電変換層にpn接合を有する半導体を備えてい

2

る。このpn接合を構成する半導体として一般的にはシリコンが最もよく用いられている。光電変換効率の点からは、単結晶シリコンを用いることが好ましいが、原料供給や大面積化、低コスト化の問題を有している。

【0004】一方、大面積化および低コスト化を実現するのに有利な材料として、非晶質のアモルファスシリコンを光電変換層として用いた薄膜太陽電池が実用化されている。さらには、単結晶シリコン太陽電池レベルの高くて安定な光電変換効率と、アモルファスシリコン太陽電池レベルの大面積化、低コスト化を兼ね備えた太陽電池を実現するために、結晶質シリコンの光電変換層への使用が検討されている。特にアモルファスシリコンの場合と同様の化学的気相成長法（以下、CVD法とする）による薄膜形成技術を用いて、結晶質シリコン薄膜を形成した薄膜太陽電池（以下、結晶質シリコン薄膜太陽電池とする）が注目されている。

【0005】特開平11-289173号公報に、アモルファスシリコンを活性層とした光電変換素子と、アモルファスシリコンと比較してエネルギーギャップの小さな結晶質シリコンを活性層とした光電変換素子を積層して形成した多接合型薄膜太陽電池が、開示されている。この多接合型薄膜太陽電池は、アモルファスシリコンを活性層とした光電変換素子側から太陽光を入射する構成を取ることにより、太陽光エネルギーの利用を単接合型のものより効率的に行うことができるという利点がある。さらに、複数の光電変換素子を直列に接続するので高い開放電圧を得られることや、活性層としてのアモルファスシリコン層を薄くできるのでStaebler-Wronski効果に起因する光電変換効率の経時劣化を抑制できる。さらに、アモルファスシリコン層と結晶質シリコン層を同一の装置で製造できるといった利点もあり、高効率化と低コスト化を両立する手段として、盛んに研究開発が行われている。

【0006】なお、以下の記載においては、特に注意するところがない限り、「結晶質」という用語の意味する状態として、「単結晶」および「多結晶」といった実質的に結晶のみからなる状態だけでなく、「微結晶」あるいは「マイクロクリスタル」と呼ばれる結晶成分と非晶質成分が混在した状態のものも含んでいる。

【0007】高い光電変換効率を有する薄膜太陽電池を実現する上で、重要な要素技術の1つに光閉込がある。光閉込とは、光電変換層に接する透明導電層あるいは金属層の表面を凹凸化して、その界面で光を散乱させることで光路長を延長させ、光電変換層での光吸収量を増大させるものである。

【0008】例えば、特許公報である特許第1681183号公報または特許第2862174号公報には、ガラス基板上に形成した透明導電層の粒径や凹凸大きさを規定した太陽電池用基板の例が開示されている。

【0009】この光閉込による光電変換効率の向上は、

(3)

3

光電変換層の膜厚を低減する効果をもたらす。これにより、先述したように、アモルファスシリコン太陽電池の場合には光劣化を抑制することになる。

【0010】さらに、結晶質シリコン薄膜太陽電池は、光吸収特性のために非晶質のアモルファスシリコンと比較して、数倍から十数倍となる数  $\mu\text{m}$  オーダーもの厚さが必要とされていた。しかし、光閉込効果を利用して光電変換効率を上げた場合には、結晶質シリコン薄膜太陽電池であっても、大幅な製膜時間の減少をもたらすことができる。

【0011】すなわち、光閉込は薄膜太陽電池の実用化への大きな課題である高効率化、安定化、低コスト化の全てを解決する手段として必須の技術である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述のような従来の結晶質シリコン薄膜太陽電池の光電変換効率は、現在までのところ、精力的な研究開発が行われているにも関わらず、アモルファスシリコン太陽電池の光電変換効率と比較して同等レベルまでしか達していない。

【0013】H. Yamamoto et al, PV SEC-11, Sapporo, Japan, 1999において、以下のような報告がなされている。

【0014】ガラス表面上に微視的な表面凹凸を有する酸化錫を積層した  $\text{A s a h i-U}$  基板上にプラズマ CVD 法により微結晶シリコンを形成した場合、酸化錫の表面に垂直な方向にシリコンの結晶粒が優先的に成長する。そして、異なる凹凸表面から成長した互いに結晶方位の異なる結晶粒同士がぶつかることで多量の欠陥が発生することが報告された。このような欠陥は、キャリアの再結合中心となるため光電変換効率を著しく劣化させるので、極力排除されなければならない。

【0015】H. Yamamoto は、同時に以下のようないい報告も行っている。

【0016】表面に凹凸を有する酸化錫の上に、さらに酸化亜鉛を厚く積層することで凹凸の大きさを小さくした場合、酸化錫のみの場合と同様に酸化亜鉛の表面に垂直な方向にシリコン結晶粒が成長する。しかし、異なる凹凸表面から成長した結晶粒同士はぶつかるがそれらの方位差が小さいため、発生する欠陥が少なくなる。

【0017】しかるに、結晶質シリコン薄膜中の欠陥を低減するためには基板の表面凹凸をできるだけ小さくすればよいのは明らかである。しかしながら、先述したように、光閉込は薄膜太陽電池に必須の技術であり、実用化を考えた場合、表面凹凸をなくす、あるいは小さくすることは回避すべきである。

【0018】特開平10-117006号公報、特開平10-294481号公報、特開平11-214728号公報、特開平11-266027号公報、特開2000-58892号公報には、多接合型太陽電池に関する

4

公報が開示されている。

【0019】特に、多接合型太陽電池の場合は、表面を凹凸化した裏面電極上に結晶質シリコン層からなる光電変換層を有する下部光電変換素子を形成しており、該結晶質シリコン層が基板表面に平行な (110) の優先結晶配向面を有する薄膜太陽電池の構造が開示されている。

【0020】しかし、これらは全て光電変換素子側から光を入射するサブストレート型の素子構造となっており、透明基板を用いて基板側から光を入射するスーパーストレート型の素子構造では、結晶質シリコン薄膜中の欠陥密度低減と光閉込効果とを両立させる好適な凹凸構造は見出されていない。

【0021】本発明の目的は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、良好な光閉込効果を有しつつ、欠陥密度を低減させた結晶質シリコン（半導体）層を具備した光電変換効率の高い多接合型薄膜太陽電池を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】本発明の多接合型薄膜太陽電池は、上記の課題を解決するために、基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも1つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、上記中間層の凹凸の高さは、その二乗平均値が、25～600 nm の範囲に設定されており、かつ中間層表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角を  $\theta$  としたときの  $\tan \theta$  が 0.07～0.20 の範囲に設定されていることを特徴としている。

【0023】上記の発明によれば、隣り合う光電変換素子間に中間層が設けられている。隣り合う光電変換素子を直接接合すると、互いに異なる導電型を有する層同士が接合されることになり、その結果、逆方向の接合形成で生じた不純物の混合による接合不良等の不具合を招来する。この不具合を克服するために設けられたものが、上記中間層である。

【0024】上記中間層においては、少なくとも基板と対向する側と反対側の表面が凹凸化されている。中間層の凹凸化された表面と光電変換層との接する界面では、光が散乱される。この光の散乱は、光路長を延長させ、その結果、光電変換層での光吸収量が増大する。このように、光が閉じこめられることによって、光電変換効率の向上が可能となる。光電変換効率の向上により、光電変換層の膜厚は薄くなる。これにより、光電変換層に要する製膜時間、および製造コストを大幅に減少させることができ可能になる。

【0025】上記中間層は、上記表面とその裏面の双方が凹凸化されていることが好ましく、この場合、中間層を介して隣り合う2つの光電変換素子の光閉込が可能となる。その分、光電変換効率が向上する。

(4)

5

【0026】ところで、上記中間層の凹凸は、結晶方位が異なると、その高さによっては結晶同士がぶつかり、これにより欠陥が発生する。このような欠陥は、キャリアの再結合の中心となり、光電変換効率を著しく低下させる。また、従来の多接合型薄膜太陽電池は、光電変換素子が設けられた側から光が入射される素子構造を開示するのみであり、基板側から光が入射される素子構造のものに対して、上記欠陥の低減と光閉込の双方を両立させ得る素子構造を開示するものではない。

【0027】そこで、本発明によれば、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が25～600nmの範囲になるように設定されているとともに、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をθとしたときの  $\tan \theta$  が0.07～0.20の範囲に設定されているので、結晶同士がぶつかるのを確実に回避できる。それゆえ、欠陥により光電変換効率が劣化することを確実に防止できる。

【0028】また、上記基板において、光が入射される側とは反対側の面が凹凸化されていることがより好ましい。これにより、異なる凹凸が2層存在することで、さらに効果的に光閉込効果を高めることができ、光電変換効率の高い多接合型薄膜太陽電池を得ることができる。

【0029】また、上記凹凸は、透明導電性の材料からなるものであることがより好ましい。この場合、光電変換層との界面において、入射光が散乱するため、光路長が長くなり、光閉込効果を高めることができる。

【0030】上記透明導電性の材料からなるものは、主として酸化亜鉛からなることがより好ましい。これにより、透明導電膜に広く用いられている酸化錫、酸化インジウムあるいはITO (Indium Tin Oxide) といった材料を用いるよりも、安価で、耐プラズマ性が高く変質しにくいといった利点を有する多接合型薄膜太陽電池を得ることができる。

【0031】上記凹凸は、上記透明導電性の材料からなるものに対して、エッチングが行われることにより形成されていることがより好ましい。これにより、エッチャントの種類、濃度あるいはエッチング時間等を適宜変更することにより、透明導電性の材料の表面形状を容易に制御できるので、所望の凹凸が容易に得られる。

【0032】本発明の他の多接合型薄膜太陽電池は、上記の課題を解決するために、基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも1つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、上記凹凸の一部である穴は、直径が200～2000nmの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有していることを特徴としている。また、上記穴の直径は、400～1200nmの範囲であることがより好ましい。

【0033】この場合、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が25～600nmの範囲になると共に、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をθとしたときの

6

$\tan \theta$  が0.07～0.20の範囲になり、結晶同士がぶつかるのを確実に回避できる。それゆえ、上記欠陥の低減と光閉込の双方を両立させ得る安定で高光電変換効率の多接合型薄膜太陽電池（基板側から光が入射されるタイプの多接合型薄膜太陽電池）を確実に提供できる。

【0034】上記中間層の表面に、少なくとも1つの光電変換素子における活性層は、結晶質シリコンまたはシリコン合金からなることがより好ましい。

【0035】これにより、アモルファスシリコンでは光電変換に利用できない波長700nm以上の長波長光も光電変換に利用できるので、高い光電変換効率が得られるとともに、光劣化が抑制された安定な太陽電池を得ることができる。

【0036】

【発明の実施の形態】【実施の形態】本発明の多接合型薄膜太陽電池に関する実施の一形態について図1に基づいて説明すれば以下の通りである。

【0037】本発明の多接合型薄膜太陽電池20は、図20に示すように、ガラス基板11a、凹凸表面層11b、非晶質シリコン光電変換層12、中間層13、結晶質シリコン光電変換層14、裏面反射層15、裏面電極16が、この順番で積層されて構成されている。

【0038】また、多接合型薄膜太陽電池20は、非晶質シリコン光電変換層12、結晶質シリコン光電変換層14というタイプの異なる複数の光電変換層を有しており、ガラス基板11a側から光が入射するスーパーストレーント型の多接合型薄膜太陽電池である。

【0039】太陽電池用基板11は、ガラス基板11aと凹凸表面層11bとから構成されている。

【0040】ガラス基板11aは、太陽電池用基板11を構成する透明基板である。基板の厚さは、特に限定されるものではないが、構造を支持できる適当な強度や重量を有するように、例えば、0.1～30mm程度であればよい。

【0041】本実施形態では、この透明基板の材料としてガラスを用いたが、あるいはポリイミドやポリビニルといった200°C程度の耐熱性を有する樹脂、さらにはそれらが積層されたもの等、種々のものが使用できる。

【0042】さらには、それらの表面に金属膜、透明導電膜、あるいは絶縁膜等を被覆したものであってもよい。

【0043】凹凸表面層11bは、透明導電性の材料からなり、透明導電性の材料である酸化亜鉛をエッチングすることで形成される。酸化錫、酸化インジウム、ITO、酸化亜鉛等の透明導電性の材料を用いることで、非晶質シリコン光電変換層12と凹凸表面層11bとの界面において、入射光が散乱して光路長が長くなり、後述する中間層の凹凸での効果と併せて、光閉込効果を高めることができる。また、材料として酸化亜鉛を用いることで、安価で、耐プラズマ性が高く変質しにくいと

(5)

7

いった利点を有する太陽電池用基板11を得ることができる。

【0043】さらに、多接合型薄膜太陽電池20に入射してきた光を電気に変換する非晶質シリコン光電変換層(光電変換素子)12は、p型非晶質シリコン層12a、i型非晶質シリコン層12b、n型シリコン層12cにより構成されている。

【0044】同じく、結晶質シリコン光電変換層(光電変換素子)14は、p型結晶質シリコン層14a、i型結晶質シリコン層14b、n型シリコン層14cにより構成されている。

【0045】中間層13は、隣り合う光電変換素子の互いに異なる導電型を有する層(非晶質シリコン光電変換層12および結晶質シリコン光電変換層14)の間に設けられる層である。この中間層13は、互いに異なる導電型を有する層が直接接合する場合の、逆方向の接合形成で生じる不純物の混合による接合不良等を防止するために設けられている。

【0046】また、中間層13は、酸化亜鉛からなる透明導電性の材料によって形成されている。

【0047】透明導電性の材料としては、他に、酸化錫、酸化インジウム、ITO等を用いることができるが、酸化亜鉛を透明導電膜の材料として用いることで、他の材料を用いるよりも、安価で、耐プラズマ性の高い安定した多接合型薄膜太陽電池20を得ることができる。

【0048】また、中間層13は、これら単一の材料からなるものであっても、またはこれらの材料を含む層を、複数回積層したものであっても構わない。しかし、中間層13の両表面、特にガラス基板11aに対向しない側の表面は透明導電膜からなることが、より好ましい。これらの透明導電膜は、例えばスパッタリング法、常圧CVD法、減圧CVD法、電子ビーム蒸着法、ゾルゲル法、電析法等の公知の方法により作製できる。その中でも特に、スパッタリング法により作製することは、透明導電膜の透過率や抵抗率を多接合型薄膜太陽電池20に適したものに制御することが容易であるので望ましい。

【0049】なお、中間層13を形成する透明導電膜中に微量の不純物が添加されていてもよい。例えば、酸化亜鉛を添加した場合では、 $5 \times 10^{20} \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 程度のガリウムやアルミニウムといった第IIB族元素あるいは銅のような第IB族が含有されることにより抵抗率が低減するので、中間層13として使用するに適している。

【0050】また、これらの透明導電膜の厚さは薄すぎると特性の均一性に問題が生じ、厚すぎると透過率の減少および直列抵抗の増加による光電変換効率の低下やコストの増大を引き起こすため、1~50nm程度の厚さであることが好ましい。

8

【0051】本実施形態では、中間層13の表面の凹凸を設ける手段として、エッティングによる化学的処理を用いた。これにより、中間層13の表面が透明導電膜からなる場合、エッチャントの種類、濃度あるいはエッティング時間等を適宜変更することにより、透明導電膜の表面形状を容易に制御できる。

【0052】エッチャントとして酸またはアルカリ溶液を用いることは、より安価に製造することができる。この際、使用できる酸溶液としては塩酸、硫酸、硝酸、フッ酸、酢酸、蟻酸、過塩素酸等の1種または2種以上の混合物が挙げられる。この中でも、塩酸、酢酸を用いるのが特に好ましい。これらの酸溶液は、例えば0.05~5重量%程度の濃度で使用できるが、特に酢酸のような比較的弱い酸の場合には、0.1~5重量%程度の濃度で使用するのがよい。また、アルカリ溶液としては水酸化ナトリウム、アンモニア、水酸化カリウム、水酸化カルシウム、水酸化アルミニウム等の1種または2種以上の混合物が挙げられるが、この中でも、水酸化ナトリウムを用いるのが特に好ましい。これらのアルカリ溶液は、1~10重量%程度の濃度で使用するのがよい。

【0053】エッティングの他に、中間層13の表面に凹凸を設ける手段としては、例えば、堆積すると同時に表面に凹凸が形成されるような条件により、中間層13を形成してもよい。この際、中間層13表面の凹凸形状は、下地となる非晶質シリコン光電変換層12の凹凸形状の影響を受けることを考慮して、中間層13の形成条件を決定すればよい。また、中間層13表面に対してサンドブラストのような機械加工を行っても、凹凸形状の形成は可能である。

【0054】本実施形態において、エッティング後の中間層13の表面は、凹凸が形成されている。ここで、中間層13の凹凸高さを示す二乗平均値は、25~600nmの範囲に設定されており、かつ中間層13表面の凹凸部の平均線に対する凹凸部表面の傾斜角をθとしたときの $\tan \theta$ が0.07~0.20の範囲に設定されている。

【0055】これにより、中間層13表面の凹凸は、結晶質シリコン光電変換層14(p型結晶質シリコン層14a)と接するように設けられているので、その界面で光が散乱される。この光の散乱は、光路長を延長させ、その結果、結晶質シリコン光電変換層14での光吸収量が増大する。この光閉込効果により光電変換効率が向上し、結晶質シリコン光電変換層14の膜厚を薄くでき、結晶質シリコン光電変換層14の形成に要する製膜時間、および製造コストを大幅に減少させることができる。

【0056】また、本発明によれば、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が25~600nmの範囲になるように設定されているとともに、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をθとしたときの $\tan \theta$ が0.

(6)

9

0.7～0.20の範囲に設定されているので、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、欠陥により光電変換効率が劣化することを確実に防止できることから、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池20を得ることができる。

【0057】なお、本発明の効果をさらに効果的に得るために、二乗平均値は、25～400nmの範囲であり、かつ、 $\tan \theta$ は0.07～0.15の範囲であれば、より確実に、光閉込効果が大きく、かつ、欠陥数の少ない中間層13を得ることができる。

【0058】さらに、エッティングによって中間層13の表面は、略半球状あるいは円錐状の穴を有している。該穴の径は200～2000nmの範囲になるようにエッティングによって制御されている。

【0059】これにより、高さの二乗平均値、および傾斜角を $\theta$ としたときの $\tan \theta$ について、上述した光閉込効果の高い好適な範囲（二乗平均値=25～600nm、かつ $\tan \theta=0.07$ ～0.20）の中間層を再現性よく形成することができる。さらに、上記穴の直径は、400～1200nmの範囲にあれば、なお確実に好適な範囲の凹凸を有する中間層を再現性よく形成することができる。

【0060】裏面反射層15は、マグネトロンスパッタリング法により形成された、厚さ50nmの酸化亜鉛からなる薄膜である。

【0061】裏面電極16は、銀を電子ビーム蒸着法により、500nmの厚さに形成したものである。この裏面電極16と凹凸表面層11bとから、電極17をそれぞれ引き出し、ガラス基板11a側から光を入射するスーパーストレー型の多接合型薄膜太陽電池20が構成されている。

【0062】以上の構成により、光電変換率が高く、光電変換率を高めるために設けられた中間層13の凹凸表面上に欠陥の少ない結晶質シリコン光電変換層14が形成されてなる多接合型薄膜太陽電池20を得ることができる。

【0063】なお、本実施形態では、結晶質シリコン光電変換層14は、1つの光電変換素子からなる例について説明した。しかし、結晶質シリコン光電変換層14は、複数の光電変換素子から形成されていてもよく、そのうち少なくとも1つの光電変換素子における活性層（I型層）が、結晶質シリコンまたはシリコン合金で形成されていればよい。そうすれば、アモルファスシリコンでは光電変換に利用できない波長700nm以上の長波長光を十分に利用することができるため、高い光電変換率および光劣化が抑制された安定な多接合型薄膜太陽電池20を得ることができる。

【0064】特に、中間層13のガラス基板11aに向しない側の表面に、活性層が結晶質シリコンまたはシリコン合金からなる光電変換素子が形成されている場合

10

には、十分な光閉込効果とともに、欠陥の増大が抑制された、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池20を得ることができるので、好ましい。なお、上記シリコン合金とは、例えば、シリコンに錫が添加された $\text{Si}_x \text{Sn}_{1-x}$ 、およびゲルマニウムが添加された $\text{Si}_x \text{Ge}_{1-x}$ 等の材料である。

【0065】また、本実施形態では、表面が平滑で凹凸層を有する透明導電膜が形成されたガラス基板11aを用い、非晶質シリコン光電変換層12と結晶質シリコン光電変換層14との間に酸化亜鉛からなる中間層13を形成した、ガラス基板11a側より光を入射するスーパーストレー型の多接合型薄膜太陽電池20について説明した。

【0066】しかし、本発明は、本実施形態に限定されるものではなく、例えば、下記のような構成にすれば、サブストレー型と呼ばれる多接合型薄膜太陽電池にも適用できる。このサブストレー型の多接合型薄膜太陽電池は、基板上に裏面反射層、凹凸表面層を積層し、光電変換層を上下反対にした構成であり、裏面電極側から光を入射する多接合型薄膜太陽電池である。

【0067】さらに、本発明の効果を具体的にするために、実施例1～3、比較例を以下に記す。

【0068】（実施例1）本発明の実施例を、図1を用いて多接合型薄膜太陽電池20の作製手順を説明すれば、以下の通りである。なお、説明の便宜上、上記実施の形態にて説明した図面と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

【0069】図1に示す、表面が平滑なガラス基板11aの1主面上に、マグネトロンスパッタリング法により基板温度150°Cで酸化亜鉛を厚さ500nmとなるよう形成した。この酸化亜鉛には $1 \times 10^{21} \text{ cm}^{-3}$ 程度のガリウムが添加されている。この結果、得られた酸化亜鉛のシート抵抗は $10 \Omega/\square$ であり、波長800nmの光に対する透過率は80%であった。

【0070】続いて酸化亜鉛表面のエッティングを行った。上記酸化亜鉛が被覆されたガラス基板を液温25°Cの0.5重量%塩酸水溶液に15秒浸した後、表面を純水で十分に洗浄し、凹凸表面層11bを有する太陽電池用基板11を得た。

【0071】こうして得た太陽電池用基板11上に、13.56MHzのp型非晶質シリコン層12a、i型非晶質シリコン層12b、n型シリコン層12cを順に積層し、非晶質シリコン光電変換層12を形成した。p型非晶質シリコン層12aは、 $\text{SiH}_4$ ガス12SCCM、 $\text{H}_2$ ガス30SCCM、 $\text{H}_2$ ガスにより5000ppmに調整された $\text{B}_2\text{H}_6$ ガス1SCCM、製膜室圧力20Pa、放電電力25W、基板温度180°Cの条件で製膜し、15nmの厚さとした。i型非晶質シリコン層12bは、 $\text{SiH}_4$ ガス30SCCM、 $\text{H}_2$ ガス70SCCM、製膜室圧力30Pa、放電電力30W、基板温

(7)

11

度180°Cの条件で製膜し、350nmの厚さとした。n型シリコン層12cは、SiH<sub>4</sub>ガス10SCCM、H<sub>2</sub>ガスにより1000ppmに調整されたPH<sub>3</sub>ガス100SCCM、製膜室圧力27Pa、放電電力30W、基板温度180°Cの条件で製膜し、30nmの厚さとした。

【0072】プラズマCVD装置(図示せず)から一旦取り出し、再度マグネットロンスパッタリング法により中間層13として酸化亜鉛を基板作製時と同じ条件で作製した。ただしエッチングによる膜厚の減少を考慮して、中間層13の厚さは250nmとした。中間層13の表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が50~200nm程度の略半球状の穴が形成されていることが分かった。

【0073】この中間層13の表面形状を詳細に調べるために、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。上記穴の深さ方向形状から、上記穴の形状は略半球状あるいは円錐状であることが分かった。そして、表面形状の特徴を数値で表現するために、凹凸高さの二乗平均値を凹凸高さを示す指標とした。さらに、表面形状を表す曲線をフーリエ変換した際に得られる正弦型曲線の最頻出波長Wを凹凸ピッチの指標とし、表面凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾きをθとすると、 $\tan\theta = 2\text{RMS}/(W/2) = 4\text{RMS}/W$ であり、RMSおよびtanθの値を凹凸形状の指標とした。この時の凹凸高さRMSは12nmであり、tanθは0.05であった。

【0074】その後、液温25°Cの0.5重量%塩酸水溶液に15秒浸して中間層13表面をエッチングした。表面を純水で十分に洗净した後、中間層13表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が400~1200nm程度の略半球状の穴が多数形成されていた。

【0075】この中間層13の表面形状を詳細に調べるために、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本実施例の凹凸表面層表面に形成された穴の形状は、エッチング前と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本実施例での凹凸高さRMSは32nmであり、tanθは0.10であった。

【0076】再び高周波プラズマCVD法により、中間層13上に13.56MHzの高周波を用いたプラズマCVD法によりp型結晶質シリコン層14a、i型結晶質シリコン層14b、n型シリコン層14cを順に積層し、結晶質シリコン光電変換層14を形成した。p型結晶質シリコン層14aは、SiH<sub>4</sub>ガス3SCCM、H<sub>2</sub>ガス600SCCM、H<sub>2</sub>ガスにより5000ppmに調整されたB<sub>2</sub>H<sub>6</sub>ガス1SCCM、製膜室圧力200Pa、放電電力25W、基板温度140°Cの条件で製膜し、30nmの厚さとした。i型結晶質シリコン層14bは、SiH<sub>4</sub>ガス11SCCM、H<sub>2</sub>ガス350SCCM、製膜室圧力200Pa、放電電力20W、基板

12

温度140°Cの条件で製膜し、2500nmの厚さとした。n型シリコン層14cは、SiH<sub>4</sub>ガス10SCCM、H<sub>2</sub>ガスにより1000ppmに調整されたPH<sub>3</sub>ガス100SCCM、製膜室圧力27Pa、放電電力30W、基板温度180°Cの条件で製膜し、30nmの厚さとした。

【0077】プラズマCVD装置(図示せず)から取り出した後、得られた光電変換層に対してX線回折法を行ったところ、(220)X線回折ピークの積分強度I<sub>220</sub>と(111)X線回折ピークの積分強度I<sub>111</sub>の比I<sub>220</sub>/I<sub>111</sub>は2.9であった。ここで、実際に得られたX線回折ピークは結晶質シリコン光電変換層中のi型層単体の情報ではないが、i型層に比べてp型層およびn型層の膜厚は非常に薄いので、i型層の結晶配向性を反映しているものとして差し支えない。

【0078】その後、マグネットロンスパッタリング法により裏面反射層15として酸化亜鉛を厚さ50nm、電子ビーム蒸着法により裏面電極16として銀を厚さ500nmで形成し、ガラス基板11a側から光を入射するスーパーストレート型の多接合型薄膜太陽電池20とした。なお、セル面積は1cm<sup>2</sup>であった。

【0079】この多接合型薄膜太陽電池20の、AM1.5(100mW/cm<sup>2</sup>)照射条件下における電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流は12.8mA/cm<sup>2</sup>、開放電圧は1.205V、形状因子は0.695、光電変換効率は10.72%であった。

【0080】以上の結果から、中間層13の二乗平均値=32nm、かつtanθ=0.10という中間層13の表面形状は、良好な光電変換率を得るために条件に合致していることが分かった。また、上記と同様に、本実施例のように、中間層13の穴の直径が400~1200nmであれば、良好な光電変換率を得るために条件に合致していることが分かった。

【0081】(実施例2)本発明の多接合型薄膜太陽電池の他の実施例について、説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、上記実施の形態1にて説明した図面と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

【0082】本実施例は、中間層13の表面の凹凸形状を、下地となる凹凸表面層11bの凹凸の高さを制御することで、中間層13の表面にエッチングを行わずに制御した一例を示している。凹凸表面層11bを形成する酸化亜鉛表面のエッチング時間を45秒とした以外は、実施例1と同様にして作製した。これにより、凹凸表面層11bの凹凸高さは大きくなり、中間層13表面の凹凸の高さは、下地となる凹凸表面層11bの凹凸の増大化の影響を受けることが予想される。

【0083】太陽電池用基板11の上に、実施例1と同様にして非晶質シリコン光電変換層12、中間層13を形成した。この時、中間層13の表面形状を走査型電子

(8)

13

顕微鏡で観察したところ、表面での直径が200～1400nm程度の略半球状の穴が多数形成されていることが分かった。

【0084】この中間層13の表面形状を詳細に調べるために、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本実施例の中間層13の表面に形成された凹凸の穴の形状は、実施例1の場合と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本実施例での凹凸高さRMSは28nmであり、 $\tan\theta$ は0.08であった。

【0085】この中間層13表面のエッチングを行うことなく、結晶質シリコン光電変換層14を形成した後にX線回折法を行ったところ、(220)X線回折ピークの積分強度 $I_{220}$ と(111)X線回折ピークの積分強度 $I_{111}$ の比 $I_{220}/I_{111}$ は3.0であり、実施例1の場合とほぼ同値であった。

【0086】この結果から、中間層13にエッチングを行わなくても、実施例1で得られた凹凸形状とほぼ同等の光閉込効果を得られる凹凸を中間層13表面に得ることができることがわかる。

【0087】この多接合型薄膜太陽電池20のAM1.5(100mW/cm<sup>2</sup>)照射条件下における電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流は13.6mA/cm<sup>2</sup>、開放電圧は1.204V、形状因子は0.694、光電変換効率は11.36%であった。

【0088】実施例1の場合と比較すると、開放電圧および形状因子の値はほとんど変化していないが、短絡電流の値が増加していることが分かる。このことは、太陽電池用基板11側に設けられた凹凸表面層11bによる光閉込効果と併せて、中間層13表面の構造が好適に設定されていることにより、結晶質シリコン光電変換層14の形成中に多量の欠陥が導入されていない効果が得られたものと考えられる。

【0089】この結果から、二乗平均値=28nm、かつ $\tan\theta=0.08$ という中間層13の形状は、実施例1の凹凸形状よりも高い光電変換率が得られることが分かった。また、上記と同様に、本実施例のように、中間層13の穴の直径が200～1400nmであれば、良好な光電変換率を得るために条件に合致していることが分かった。

【0090】(実施例3)本発明の多接合型薄膜太陽電池のさらに他の実施例について、説明すれば、以下のとおりである。なお、説明の便宜上、上記実施の形態にて説明した図面と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。

【0091】本実施例は、中間層13の表面の凹凸形状を、中間層13の表面にエッチングを行うことで制御した以外は、実施例2と同様に実施した別の一例である。これにより、実施例1よりも中間層13の表面の凹凸が大きくなることが予想される。

【0092】実施例2と同様にして作製した太陽電池用

14

基板11の上に、実施例2と同様にして非晶質シリコン光電変換層12、さらに中間層13を形成した。ただし、エッチングによる膜厚の減少を考慮して、中間層13の厚さは50nmとした。その後、液温25℃の0.5重量%塩酸水溶液に1.5秒浸して中間層13表面をエッチングした。表面を純水で十分に洗浄した後、中間層13表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が400～1200nm程度の略半球状の穴が多数形成されていた。

【0093】この中間層13の表面形状を詳細に調べるために、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本実施例の凹凸表面層表面に形成された穴の形状は、実施例2の場合と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本実施例での凹凸高さRMSは40nmであり、 $\tan\theta$ は0.13であった。

【0094】さらに、結晶質シリコン光電変換層14を形成した後にX線回折法を行ったところ、(220)X線回折ピークの積分強度 $I_{220}$ と(111)X線回折ピークの積分強度 $I_{111}$ の比 $I_{220}/I_{111}$ は2.8であり、実施例1の場合とほぼ同値であった。

【0095】この多接合型薄膜太陽電池20のAM1.5(100mW/cm<sup>2</sup>)照射条件下における電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流は14.4mA/cm<sup>2</sup>、開放電圧は1.207V、形状因子は0.693、光電変換効率は12.05%であった。

【0096】実施例2の場合と比較すると、開放電圧および形状因子の値はほとんど変化していないが、短絡電流の値が増加していることが分かる。中間層13表面にエッチングを行うことで、より好適な凹凸形状が得られたものと考えられる。

【0097】この結果から、二乗平均値=40nm、かつ $\tan\theta=0.13$ という中間層13の形状により、実施例2よりもさらに高い光電変換効率が得られることが分かった。また、上記と同様に、本実施例のように、中間層13の穴の直径が400～1200nmであれば、実施例2よりもさらに高い光電変換率が得られることが分かった。

【0098】(比較例)本発明の薄膜太陽電池の比較例について説明すれば、以下のとおりである。

【0099】本比較例では、中間層の膜厚を5nmとしてエッチングを行わないこと以外は実施例1と同様にして多接合型薄膜太陽電池を作製した。これにより、上記実施例1～3と比較して、中間層表面の凹凸高さが小さくなることが予想される。

【0100】中間層の表面形状を走査型電子顕微鏡で観察したところ、表面での直径が50～200nm程度の略半球状の穴が多数形成されていることが分かった。

【0101】この中間層の表面形状を詳細に調べるために、原子間力顕微鏡により表面形状を測定した。本比較例の中間層表面に形成された穴の形状は、実施例1の場

(9)

15

合と同様に略半球状あるいは円錐状であったが、本比較例での凹凸高さRMSは14nmであり、 $\tan\theta$ は0.05であり、上記実施例1～3の結果よりも、凹凸高さが小さくなっていた。

【0102】さらに、結晶質シリコン光電変換層を形成した後にX線回折法を行ったところ、(220)X線回折ピークの積分強度 $I_{220}$ と(111)X線回折ピークの積分強度 $I_{111}$ の比 $I_{220}/I_{111}$ は3.0であり、実施例2の場合とほぼ同値である。

【0103】この多接合型薄膜太陽電池のAM1.5(100mW/cm<sup>2</sup>)照射条件下における電流-電圧特性を測定したところ、短絡電流は10.7mA/cm<sup>2</sup>、開放電圧は1.205V、形状因子は0.698、光電変換効率は9.00%であった。実施例1の場合と比較すると、開放電圧および形状因子の値はほとんど変化していないが、短絡電流の値が減少していることが分かる。すなわち、エッチング時間が不十分であるために、中間層表面の凹凸の構造が光閉込効果を発するには不十分なものとなっていると考えられる。

【0104】この結果から、中間層の二乗平均値が14nm、かつ $\tan\theta$ が0.05では、良好な光閉込効果を有する凹凸表面層を得られないことがわかった。また、凹凸表面層の凹凸の穴の直径が50～200nmでは、上記と同様に、良好な光閉込効果の得られる中間層を得られないことがわかった。

【0105】以上の実施例1～3、比較例の各結果から、良好な光閉込効果を利用するためには、凹凸高さの二乗平均値が25～600nmの範囲であり、かつ $\tan\theta$ が、0.07～0.20の範囲であればよいことが分かった。

【0106】よって、本発明の中間層表面の凹凸層構造により、結晶質シリコン層の形成中に多量の欠陥が導入されることなく、高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池を製造できることが明らかとなった。

【0107】なお、基板上に、複数の光電変換素子を積層してなる光電変換層を有しており、さらに隣り合う光電変換素子間の少なくとも一つには、中間層が設けられており、該中間層の少なくとも上記基板に対向しない側の表面は、高さの二乗平均値は、25～600nmの範囲にあり、かつ傾斜角を $\theta$ としたときの $\tan\theta$ が、0.07～0.20の範囲にある凹凸を有している多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【0108】また、上記中間層の少なくとも上記基板に対向しない側の表面は、透明導電膜からなる面であることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【0109】また、上記中間層の少なくとも上記基板に対向しない側の表面凹凸は、透明導電膜が被覆されてなる面をエッチングすることで作製されていることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【0110】また、上記凹凸は、略半球状あるいは円錐

16

状の穴であり、該穴の直径は、200～2000nmの範囲にあることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【0111】また、上記透明導電膜は、主として酸化亜鉛からなることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【0112】上記中間層の少なくとも前記基板に対向しない側の表面に、活性層が結晶質シリコンまたはシリコン合金からなる光電変換素子が形成されていることを特徴とする多接合型薄膜太陽電池であってもよい。

【0113】中間層表面を、高さの二乗平均値は25～600nmの範囲にあり、かつ傾斜角を $\theta$ としたときの $\tan\theta$ が0.07～0.20の範囲にある凹凸構造とすることにより、光電変換層中の欠陥を増大させることなく、光閉込効果による光吸収量を増大させることができなり、安定かつ高い光電変換効率を有する多接合型薄膜太陽電池を安価に製造できる。

【0114】

【発明の効果】本発明の多接合型薄膜太陽電池は、上記20のように、基板において光が入射される方向とは反対側に、複数の光電変換素子が設けられ、隣り合う光電変換素子の間の少なくとも1つには、表面が凹凸化された中間層が設けられており、上記中間層の凹凸の高さを示す二乗平均値は、25～600nmの範囲に設定されており、かつ中間層表面の凹凸の平均線に対する凹凸表面の傾斜角を $\theta$ としたときの $\tan\theta$ が0.07～0.20の範囲に設定されている構成である。

【0115】上記の構成により、隣り合う光電変換素子間で起きる逆方向の接合形成で生じた不純物の混合による接合不良等の不具合を防止できるとともに、中間層の凹凸化された表面と光電変換層との接する界面では光が散乱されて光路長を延長させ、光電変換効率の向上が可能となるという効果を奏する。光電変換効率の向上により、光電変換層の膜厚は薄くなる。これにより、光電変換層に要する製膜時間、および製造コストを大幅に減少させることができになる。

【0116】さらに、本発明によれば、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が25～600nmの範囲になるよう40に設定されているとともに、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角を $\theta$ としたときの $\tan\theta$ が0.07～0.20の範囲に設定されているので、結晶同士がぶつかることを確実に回避できる。それゆえ、欠陥により光電変換効率が劣化することを確実に防止できる。

【0117】また、上記基板において、光が入射される側とは反対側の面が凹凸化されていることがより好ましい。これにより、異なる凹凸が2層存在することで、さらに効果的に光閉込効果を高めることができ、光電変換効率の高い多接合型薄膜太陽電池を得ることができるという効果を奏する。

【0118】また、上記凹凸は、透明導電性の材料から

(10)

17

なるものであることがより好ましく、光電変換層との界面において、入射光が散乱するため、光路長が長くなり、光閉込効果を高めることができると可能になるという効果を奏する。

【0119】上記透明導電性の材料からなるものは、主として酸化亜鉛からなることがより好ましく、安価で、耐プラズマ性が高く変質しにくいといった利点を有する多接合型薄膜太陽電池を得ることができると効果を奏する。

【0120】上記凹凸は、上記透明導電性の材料からなるものに対して、エッティングが行われることにより形成されていることがより好ましく、エッチャントの種類、濃度あるいはエッティング時間等を適宜変更することにより、透明導電性の材料の表面形状を容易に制御できるので、所望の凹凸が容易に得られるという効果を奏する。

【0121】本発明の多接合型薄膜太陽電池は、上記のように、凹凸の一部である穴は、直径が200～2000nmの範囲である略半球状あるいは円錐状の形状を有している構成である。また、上記穴の直径は、400～1200nmの範囲であることがより好ましい。

【0122】上記の構成により、上記凹凸の高さは、その二乗平均値が25～600nmの範囲になると共に、上記凹凸の平均線に対する該凹凸表面の傾斜角をθとしたときの  $\tan \theta$  が0.07～0.20の範囲になり、結晶同士がぶつかるなどを確実に回避できる。それゆえ、上記欠陥の低減と光閉込の双方を両立させ得る安定で高光電変換効率の多接合型薄膜太陽電池（基板側から光が入射されるタイプの多接合型薄膜太陽電池）を確実

に提供できるという効果を奏する。

【0123】上記中間層の表面に、少なくとも1つの光電変換素子における活性層は、結晶質シリコンまたはシリコン合金からなることがより好ましく、アモルファスシリコンでは光電変換に利用できない波長700nm以上の長波長光も光電変換に利用できるので、高い光電変換効率が得られるとともに、光劣化が抑制された安定な太陽電池を得ることができるという効果を奏する。

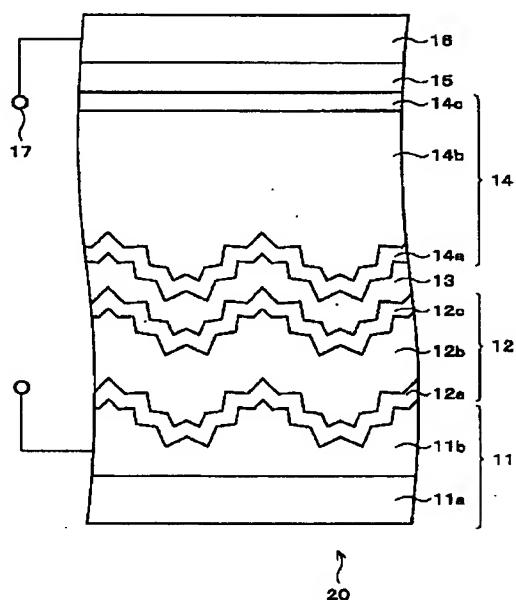
【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の多接合型薄膜太陽電池構造を示す模式図である。

【符号の説明】

1 1	太陽電池用基板
1 1 a	ガラス基板
1 1 b	凹凸表面層
1 2	非晶質シリコン光電変換層（光電変換素子）
1 2 a	p型非晶質シリコン層
1 2 b	i型非晶質シリコン層
1 2 c	n型シリコン層
1 3	中間層
1 4	結晶質シリコン光電変換層（光電変換素子）
1 4 a	p型結晶質シリコン層
1 4 b	i型結晶質シリコン層
1 4 c	n型シリコン層
1 5	裏面反射層
1 6	裏面電極
1 7	電極
2 0	多接合型薄膜太陽電池

【図1】



(11)

## フロントページの続き

(71) 出願人 500132649  
近藤 道雄  
茨城県つくば市梅園1丁目1番1中央第2  
独立行政法人産業技術総合研究所内

(74) 上記3名の代理人 100080034  
弁理士 原 謙三  
(72) 発明者 和田 健司  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

(72) 発明者 奈須野 善之  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

近藤 道雄  
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技  
術院電子技術総合研究所内

(72) 発明者 松田 彰久  
茨城県つくば市梅園1丁目1番4 工業技  
術院電子技術総合研究所内

F ターム(参考) 5F051 AA03 CB21 DA04 DA17 DA20  
FA02 FA19 GA14 GA16

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**